

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 31 536.1

Anmeldetag: 11. Juli 2002

Anmelder/Inhaber: CeramTec AG Innovative Ceramic Engineering,
Plochingen/DE

Bezeichnung: Isolierung für piezokeramische Vielschichtaktoren

IPC: H 01 L, F 02 M

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 7. August 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'Remus'.

Remus

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Isolierung für piezokeramisch Vielschichtaktoren

Piezokeramische Vielschichtaktoren (Fig. 1) bestehen aus gestapelten dünnen Schichten piezoelektrisch aktiven Materials (2), z. B. Blei-Zirkonat-Titanat (PZT), mit dazwischen angeordneten leitfähigen Innenelektroden (7), die alternierend an die Aktoroberfläche geführt werden. Außenelektroden (3, 4) verbinden diese Innenelektroden. Dadurch werden die Innenelektroden elektrisch parallel geschaltet und zu zwei Gruppen zusammengefasst, welche die beiden Anschlusspole des Aktors darstellen. Legt man eine elektrische Spannung an die Anschlusspole, so wird diese auf alle Innenelektroden parallel übertragen und verursacht ein elektrisches Feld in allen Schichten aktiven Materials, das sich dadurch mechanisch verformt. Die Summe aller dieser mechanischen Verformungen steht an den Endflächen des Aktors als nutzbare Dehnung (6) und/oder Kraft zur Verfügung.

Stand der Technik:

- 15 Piezokeramische Vielschichtaktoren werden nach dem Stand der Technik als Monolithen ausgeführt, das heißt, das aktive Material wird als sogenannte Grün-Folie vor dem Sintern durch ein Siebdruckverfahren mit Innenelektroden versehen, zu Aktorstapeln verpresst, pyrolysiert und dann gesintert, wodurch der monolithische Aktor entsteht.
- 20 Auf den Aktorstapel (1) wird im Bereich der herausgeführten Innenelektroden (7), z. B. durch Siebdruck von Metallpaste, eine Grundmetallisierung (3) aufgebracht. Diese Grundmetallisierung wird verstärkt durch Aufbringen eines metallischen Werkstoffes (4), z. B. durch Anlöten eines strukturierten Bleches oder eines Drahtnetzes. An diese verstärkte Schicht wird der elektrische Anschlussdraht (5) gelötet.
- 25

- 2 -

Der Aufbau und die Herstellung derartiger Aktoren und Außenelektroden wird ausführlich beschrieben z. B. in DE 33 30538 A1, DE 40 36 287 C2, US 5 281 885, US 4 845 399,

US 5 406 164 und JP 07-226541 A

- 5 Der Abstand der interdigital nach außen führenden Innenelektroden (2a) verschiedener Polarität ist so gering, dass bei Betriebsspannung ein Überschlag an der Oberfläche erfolgen würde. Daher wird üblicherweise die Oberfläche durch einen Isolierlack bedeckt. Nachteilig wirkt sich hier aus, dass dünne Lacke nur einen unzureichenden Berührschutz bieten und mechanisch anfällig sind. Dicke
10 Lacke hingegen neigen zur Ablösung im Betrieb oder unter Temperaturwechselbeanspruchung. Mit interdigitalen Bereichen sind die nach außen führenden Innenelektroden 2a in Fig. 1 zwischen den kontaktierten Seiten 3, 4 verstanden.

- Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Elektroden nicht bis ganz an die Oberfläche treten zu lassen („vergrabene Elektroden“) oder nur Elektroden einer
15 Polarität an die Oberfläche treten zu lassen („halbvergrabene Elektroden“). Der Nachteil liegt darin, dass die aktive Fläche verkleinert wird und damit die Kraftentfaltung des Aktors verringert wird. Gleichzeitig bedingen diese inaktiven Zonen eine Klemmung des Aktors und sind anfällig für Risse.

- Eine weitere Möglichkeit die Oberfläche zu schützen besteht darin, auf die grüne
20 Oberfläche des Aktors eine keramische Folie aufzubringen, diese mit dem Aktor zu versintern um so eine Isolation zu erreichen (DE10021919). Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass die Außenmasse des Aktors durch die Sinterschrumpfung bedingt nicht sehr genau zu reproduzieren sind. Außerdem ist diese Isolierschicht verfahrensbedingt relativ dick (typisch >50µm) und hat somit
25 ähnliche Nachteile wie die beiden zuvor genannten Verfahren.

- 3 -

Ziel des erfindungsgemäßen Vorschlages ist es, eine Isolation durch eine keramische Schicht zu erreichen, die nach dem Sintern und der Formgebung durch Schleifen, aufgebracht werden kann und somit auch hohen geometrischen Anforderungen genügen kann.

5 **Erfindungsgemäße Neuheit:**

Die zu isolierenden Flächen werden mittels Dickschichtverfahren mit einer aus niedrigsinterndem PZT (z.B. aus DE19840488 bekannt) und einem organischen Bindersystem bestehenden Paste beschichtet. Diese Isolierschicht wird bei Temperaturen zwischen 500 und 1200°C, bevorzugt zwischen 600 und 900°C
10 eingebrannt.

In einer weiteren Ausführungsform ist der Aktor vor dem Aufbringen der Siebdruckschicht bereits polarisiert, so dass sich beim Trocknen der Paste bei 80-120°C eine Pyrospannung ergibt. Diese Pyrospannung führt aufgrund von elektrophoretischen Vorgängen dazu, dass nur jede zweite Elektrode von PZT-
15 Partikeln bedeckt wird. Hierdurch ist nach dem Sintern eine hervorragende Isolation der Elektroden unterschiedlicher Polarität gewährleistet, ohne dass die Oberfläche mit einer zusammenhängenden Schicht bedeckt ist, die die Ausdehnung oder die Kraftentfaltung des Aktors behindert.

Ausführungsbeispiele:

20 Der Aktor wird wie üblich so aufgebaut, dass die Elektroden allseitig interdigital nach außen geführt werden, nur an den zu kontaktierenden Flächen nicht. Der Aktorgrünkörper wird gesintert und kann einer schleifenden Formgebung hoher Präzision unterworfen werden. Anschließend kann die Grundmetallisierung für die Außenelektrode (Kontaktierung von Elektroden einer Polarität) mittels Sieb-
25 druck aufgebracht werden.

Verfahren 1: Die Isolierschicht 8 wird mittels Dickschichtverfahren gemeinsam mit den Außenelektrodenschichten (Grundmetallisierung) aufgebracht und gemeinsam eingebrannt ($600 < T_S < 900^{\circ}\text{C}$). Die Isolierschicht bedeckt nun die gesamten interdigitalen Bereiche 8 des Aktors mit einer zwischen 2 und $20\mu\text{m}$, bevorzugt 4- $15\mu\text{m}$ dicken Schicht. Diese ist haft- und Kratzfest und behindert die Auslenkung beziehungsweise die Kraftentfaltung des Aktors nur unwesentlich (Fig. 2). Anschließend wird die Außenelektrode mit einem Sieb (9) verlötet und weiterkontaktiert (10)

Verfahren 2: Die Außenelektrode (Grundmetallisierung) wird eingebrannt. Der Aktor wird anschließend polarisiert und an den Oberflächen, die eine interdigitale Struktur aufweist, wird mittels Siebdruck eine Paste bestehend aus niedrigsinterndem PZT und einem organischen Bindersystem aufgebracht. Beim trocknen der Paste bei $20-250^{\circ}\text{C}$, bevorzugt bei $80-120^{\circ}\text{C}$ wird durch den pyroelektrischen Effekt der ferroelektrischen Keramik in der noch nicht getrockneten Paste ein elektrisches Feld erzeugt. Hierdurch kommt es zu elektrophoretischen Vorgängen in der Paste, so dass nur jede zweite Innenelektrode von Keramikpartikeln bedeckt wird (Elektroden einer Polarität, Bild 3, Nr. 12). Die Elektroden 11 der anderen Polarität werden nicht bedeckt. Ein anschließender Einbrennvorgang bei Temperaturen um 750°C führt zu einer haft- und kratzfesten Isolation (Fig. 3).

Patentansprüche:

1. Piezoelektrischer Aktor , dadurch gekennzeichnet dass zu isolierende Bereiche mittels Dick-schichtverfahren mit einer Paste, bestehend aus einem anorganischen, niedrigrisinternden Material oder einer Materialmischung und einem organischen Bindersystem, beschichtet wird und anschließend einem Einbrennvorgang unterworfen wird, wobei die Schichtdicke nach dem Sintern zwischen 1 und 40µm, bevorzugt zwischen 2 und 20µm, oder zwischen 4 und 15µm liegt.
2. Aktor nach Anspruch 1, wobei die Beschichtung nach dem Sintern und der Formgebung erfolgt und die Beschichtung bei Temperaturen zwischen 400 und 1200°C, oder 600 und 1000°C oder bevorzugt zwischen 650 und 850°C eingebrannt wird.
3. Aktor nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Einbrennen der Isolierschicht gemeinsam mit dem Einbrennen der Außenelektrode erfolgt und eine durchgehende Schicht bildet.
4. Aktor nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Aufbringen der Isolierschicht nach der Polarisation des Aktors erfolgt und durch Trocknen bei 20-250°C, bevorzugt bei 80-120°C eine Bedeckung aller Elektroden einer Polarität, aber keine Bedeckung der Elektroden der andern Polarität erfolgt und somit keine durchgehende Schicht ausgebildet wird.
5. Aktor nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass das niedrigrisinternde Material PZT ist und bevorzugt identisch mit dem Aktormaterial ist.
6. Aktor nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Dick-schichtpaste aus einem Glas und einem organischem Bindersystem besteht .

- 6 -

7. Aktor nach Anspruch 1, bei dem die Dickschichtpaste auf den grünen Aktorkörper aufgebracht wird und gemeinsam mit diesem gesintert wird.
8. Aktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Dickschicht mittels Siebdruck aufgebracht wird.
- 5 9. Aktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Dickschicht mittels Tampondruck oder Walzen aufgebracht wird.
10. Aktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche bei dem die Dickschicht mittels Plasmaspritzen aufgebracht wird.
- 10 11. Aktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der zur Regelung eines Einspritzventils dient.

- 7 -

Beschreibung der Zeichnungen:

Figur 1 zeigt schematisch den Aufbau eines monolithischen Vielschichtaktors.

Figur 2 zeigt einen Aktor mit Außenelektroden und Isolierung mittels Siebdruck (ganzflächig)

5 Figur 3 zeigt die Isolierfläche eines Aktors mit Innenelektroden (11) und Isolierung (12) jeder zweiten Innenelektrode mittels Siebdruck (unterbrochen)

Fig. 1

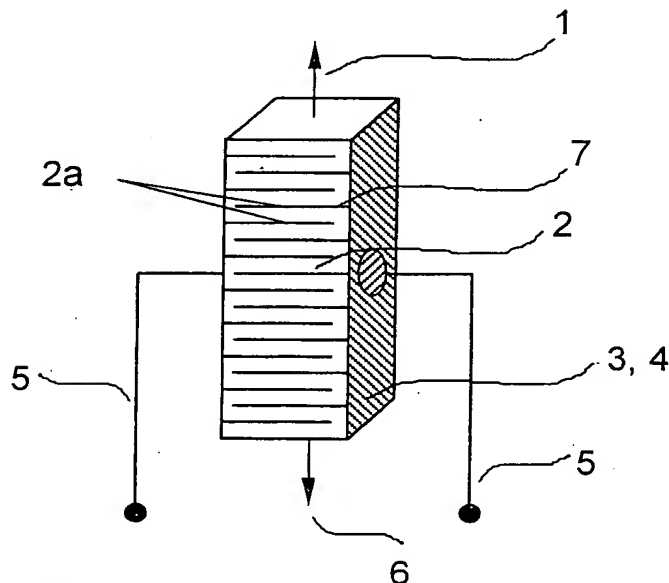


Fig. 2

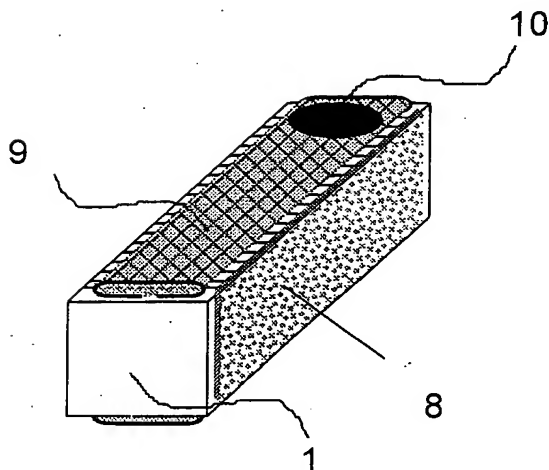


Fig. 3

